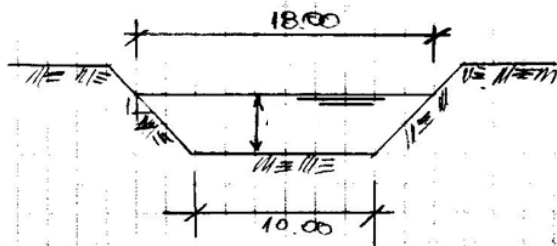


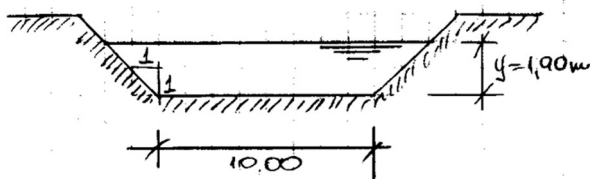
PHA 3201 HIDRÁULICA AMBIENTAL	CONDUTOS LIVRES
2023	

1. Tem-se um canal trapezoidal, executado em concreto não muito liso, com declividade  $i = 0,04\%$ . Determinar qual é a capacidade de vazão em regime uniforme quando a profundidade é igual a 1,90 m.



Resposta:  $(n=0,014)$  41,8 m<sup>3</sup>/s

2. Na parte central de um canal uniforme muito longo efetuou-se o levantamento da seção transversal, encontrando-se os elementos indicados na figura. A leitura do nível d'água em duas réguas limnimétricas dispostas ao longo do trecho e distantes de 1,4 km indicou as cotas 710,65 m e 710,00 m. Numa medição de descarga feita com molinete determinou-se a vazão de 95 m<sup>3</sup>/s. Qual deve ser o Coef. de Manning aplicável a esta seção?



Resposta: 0,0066 m<sup>-1/3</sup>/s

3. Seja um canal trapezoidal uniforme de 300 m de comprimento, com coef. de rugosidade igual a 0,014. Determinar a altura  $y$  da lâmina d'água neste canal sabendo-se que a declividade longitudinal é 0,001 m/m e a vazão transportada é 10 m<sup>3</sup>/s.

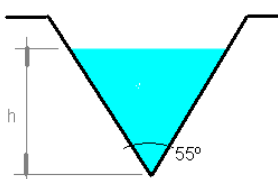
Resposta: 0,616 m

4. Determinar a capacidade de descarga líquida de um rio com 100 metros de largura por 3,0 metros de profundidade e declividade de 0,00015 m/m. O leito é formado por dunas de areia com rugosidade equivalente (ks) igual a 0,30 m.

Resposta:  $f = 0,0564$   $Q = 238$  m<sup>3</sup>/s

5. Dimensione a seção de um canal retangular em concreto ( $n=0,017$ ), para transportar a vazão de 1,42 m<sup>3</sup>/s, sobre uma declividade de 0,28% de forma que a largura da base seja duas vezes a profundidade.

Resposta:  $y = 1,053$  m  $B = 2,106$  m



6. Determine a profundidade do escoamento do canal triangular de aço indicado na figura, sendo a declividade 1,5 m/km e a velocidade do

escoamento 1,0 m/s.

Resposta:  $(n=0,010$  para o aço)  $y = 0,66$  m

7. A calha do Rio Tietê, no trecho final que corta a cidade de São Paulo, tem seção transversal trapezoidal de 60 m de largura de base, taludes 1V:2H e declividade longitudinal de 5/10.000. O revestimento da seção foi executado inicialmente com gabião e na fase final da obra, revestido com concreto, mantendo-se solo no fundo, o que resultou numa rugosidade equivalente a (Manning) 0,022. Qual foi o ganho percentual de vazão ao se adotar o revestimento de concreto?

Resposta:  $n_{\text{gabião}} = 0,035$  Ganho: 59,1% sobre o inicial

8. A canalização do Córrego do Sapateiro, situada sob o pavimento da Av. Juscelino Kubstchek, em São Paulo, é constituída de duas células retangulares de 2,50 x 2,5 m (B x H), em concreto armado, cujo estado atual não é muito bom (rugosidade Manning 0,020). A Prefeitura da cidade deseja construir uma extensão desta galeria para a mesma vazão e declividade, utilizando uma seção igual à existente.

a) Sabendo-se que a obra foi projetada originalmente considerando uma rugosidade Manning igual a 0,013 (concreto novo), qual foi a perda de capacidade da galeria pela deterioração do acabamento, sabendo-se que este tipo de estrutura deve manter uma borda livre (altura livre acima do nível d'água) de 50 cm?

Resposta: perda de 35% em relação à capacidade original

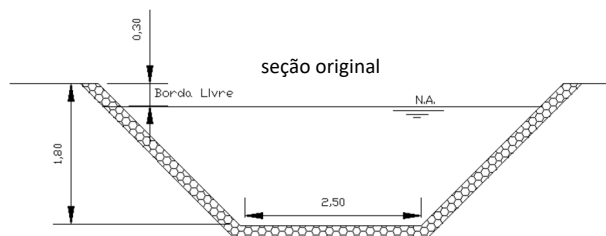
b) Um empreiteiro desejando executar a obra e visando aumentar sua rentabilidade através da economia em formas, pergunta: qual deve ser a dimensão horizontal de uma seção retangular em célula única para o novo trecho, capaz de transportar a mesma vazão de projeto, mantida a mesma altura, rugosidade e o mesmo critério de borda livre do projeto original?

Resposta:  $Q_{\text{projeto original}} = 45,66$  m<sup>3</sup>/s  $B_{\text{seção única}} = 4,1475$  m

9. Uma tubulação circular de aço deve transportar 250 l/s de água a meia seção. Determinar a declividade e o diâmetro necessário para que a velocidade não ultrapasse 2,6 m/s.

Resposta:  $n_{\text{aço}} = 0,010$   $D = 0,50$  m  $S_0 = 0,01037$   $V = 2,55$  m/s

10. A canalização do Córrego das Laranjas, executada no início dos anos 1980, consta de uma seção transversal com geometria trapezoidal, taludes inclinados 1V:1H, base 2,50 m e altura total de 1,80 m. A declividade longitudinal de fundo é de 20 cm/km. Na época da construção, a seção foi revestida com colchões de gabião (telas de arame preenchidas com pedras), para os quais o projetista estimou uma rugosidade equivalente ao fator Manning igual a 0,028. No final dos anos 1990, após intenso processo de crescimento urbano na bacia, o córrego passou a transbordar provocando inundações frequentes, levando a prefeitura local a revisar os estudos hidrológicos. Estes indicaram a necessidade de ampliar a capacidade de descarga em 80% acima da atual, se considerada a mesma borda livre original (folga acima do nível d'água) de 0,30 m. Consultado sobre como resolver o problema reduzindo ao máximo o custo das obras, você imaginou duas soluções possíveis, respeitando a mesma borda livre original:



a) Utilizar um revestimento de concreto de 8 cm de espessura sobre o gabião existente de forma a reduzir o coeficiente de Manning e assim aumentar a capacidade de descarga. Para este caso determine o máximo valor do coeficiente de rugosidade deste concreto para que o canal possa atender a nova vazão de projeto.

Resposta:  $Q_{\text{Novo}} = 5,04 \text{ m}^3/\text{s}$   $y_{\text{Novo}} = 1,42$   $b_{\text{Novo}} = 2,433 \text{ m}$   
 $n_{\text{máximo}} = 0,0137$  (atenção: o revestimento também reduz a seção)

b) Implantar seção retangular, em concreto armado ( $n=0,013$ ), para atender a nova vazão, dimensionada de acordo com critério de máxima eficiência hidráulica, sem exceder os limites em planta da seção atual.

Resposta:  $b=3,26 \text{ m}$  (menor que  $L=6,10 \text{ m}$ )  $y=1,93 \text{ m}$

11. Dimensionar um canal com seção retangular, para escoar  $25 \text{ m}^3/\text{s}$ , sendo a declividade igual  $3 \text{ m}/\text{km}$  e o revestimento em gabião original (sem capaeamento de concreto).

Resposta:  $n=0,028$   $B=4,769 \text{ m}$   $y=2,384 \text{ m}$

12. Um canal com seção trapezoidal deverá ser construído com rugosidade  $n = 0,025$  e taludes  $1V:2H$ . As condições topográficas impõem declividade  $80 \text{ cm}/\text{km}$ . Determine a seção ideal, ou de máxima eficiência hidráulica para transportar a vazão de  $8,447 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Resposta:  $b=0,85$   $y=1,80 \text{ m}$

13. Um canal trapezoidal, com taludes  $1V:3H$  funciona na condição de máxima eficiência hidráulica para uma vazão em regime uniforme de  $21 \text{ m}^3/\text{s}$ . Sendo a declividade  $S_0$  igual a  $0,005 \text{ m}/\text{m}$  e a rugosidade Manning igual a  $0,040$ , qual seria a vazão em Regime Uniforme se a profundidade fosse alterada para  $3,10 \text{ m}$ .

Resposta: ( $b = 0,622 \text{ m}$ )  $Q=71,90 \text{ m}^3/\text{s}$

14. Um canal trapezoidal foi dimensionado pelo critério de máxima eficiência hidráulica, com declividade  $0,0001 \text{ m}/\text{m}$  para escoar a vazão de  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ . Qual seria a declividade necessária para escoar a mesma vazão num canal retangular de mesma área molhada e base igual a  $6,40 \text{ m}$ . Adotar coeficiente de Manning igual a  $0,020$  e taludes  $1V:2,5H$ .

Resposta: ( $b = 0,947 \text{ m}$   $y = 2,723 \text{ m}$   $A = 17,43 \text{ m}^2$ )  $S_0 = 0,0002$

15. Um projeto de abastecimento de água necessita de vazão de  $4 \text{ m}^3/\text{s}$ . No dimensionamento do canal de adução, adotou-se o critério de máxima eficiência hidráulica e uma vazão 10% maior. Sabendo que o canal é retangular, com coeficiente de Manning igual a  $0,020$  e declividade  $0,0004 \text{ m}/\text{m}$ , determine as dimensões da seção transversal dimensionada e a velocidade para a vazão de demanda do projeto.

Resposta:  $b = 3,20 \text{ m}$   $y = 1,60 \text{ m}$   $V_{Q=4 \text{ m}^3/\text{s}} = 0,81 \text{ m}/\text{s}$

16. Um canal retangular, de grande largura tem vazão específica  $4,50 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$ . Sabendo que a rugosidade das

paredes é  $0,003 \text{ m}$  e que a declividade de fundo é  $20 \text{ cm}/\text{km}$ , calcule o valor particular de declividade para que a profundidade uniforme seja igual a profundidade crítica.

Resposta:  $y_{\text{crit}} = 1,274 \text{ m}$   $f=0,0174$   $S_0 = 0,002178$

17. Um canal retangular de grande largura transporta uma vazão de  $2 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$ . Sabe-se que a declividade é  $0,4 \text{ m}/\text{km}$ , a rugosidade das paredes e fundo é  $0,02$  (Manning) e que numa seção de medição foi encontrada a profundidade de  $1 \text{ m}$ . Pede-se

a) tipo de escoamento na seção de medição

Resposta:  $y_{\text{normal}} = 1,516 \text{ m}$   $y_{\text{crit}} = 0,742 \text{ m}$  → escoamento fluvial

b) a declividade para se ter um regime permanente uniforme no trecho da seção de medição.

Resposta:  $Y_{\text{norm}} = 1,0 \text{ m}$  →  $S_0 = 0,0016 \text{ m}/\text{m}$

18. Qual o acréscimo percentual na vazão de uma galeria circular quando a área molhada passa da meia seção para a seção de máxima velocidade.

Resposta: ( $V_{\text{max}} \rightarrow 0,815 \text{ y}/D$ ) Acréscimo 99%

19. Dimensionar a galeria de drenagem em tubos de concreto para escoar a vazão  $2,85 \text{ m}^3/\text{s}$  sabendo-se que a declividade é  $0,2\%$  e que a profundidade não deve ultrapassar 80% do diâmetro. Qual a velocidade resultante?

Resposta ( $n = 0,013$ )  $D=0,945 \text{ m}$  →  $D = 1000 \text{ mm}$   $y=0,702 \text{ m}$   $V = 2,85 \text{ m}/\text{s}$

20. Um sistema de drenagem de águas pluviais é constituído por duas canalizações em série, com as características indicadas abaixo.

Trecho	D(mm)	$S_0$	N
1	150	0,060	0,013
2	200	0,007	0,013

Determinar a máxima e mínima vazões no trecho para que se verifiquem as seguintes condições de norma:

- Máxima lâmina d'água =  $0,75 \text{ D}$
- Mínima lâmina d'água =  $0,20 \text{ D}$
- Máxima velocidade =  $4,0 \text{ m}/\text{s}$
- Mínima velocidade =  $0,50 \text{ m}/\text{s}$

Resposta:  $Q_{\text{máx}} = 25 \text{ L}/\text{s}$   $Q_{\text{min}} = 3,3 \text{ L}/\text{s}$

21. Demonstre que o raio hidráulico de um canal trapezoidal na seção de mínimo perímetro molhado, para qualquer ângulo do talude, é igual a metade da altura.

Resposta: ver apresentação da aula

22. No projeto de um coletor de esgotos verificou-se que para atender a condição de esgotamento dos lotes adjacentes, ele deveria ter uma declividade de  $0,015 \text{ m}/\text{m}$ . Sendo  $20 \text{ l}/\text{s}$  a vazão de esgotos no fim de implantação (fim de plano),  $10 \text{ l}/\text{s}$  a vazão atual (início de plano), a tubulação de PVC ( $n=0,011$ ) e lâmina máxima admissível no coletor tal que  $y/D < 0,80$ , determine:

a) o diâmetro do coletor e a velocidade do escoamento para o final de plano

Resposta:  $D = 150 \text{ mm}$   $y = 0,112 \text{ m}$   $y/D = 0,75$   $V = 1,41 \text{ m}/\text{s}$

b) a lâmina líquida atual e a correspondente velocidade média

Resposta:  $y = 0,071 \text{ m}$   $y/D = 0,47$   $V = 1,21 \text{ m}/\text{s}$

23. Determine a relação de vazões entre um canal trapezoidal em taludes  $1H:1V$ , largura de fundo igual a três

vezes a altura d'água e um canal trapezoidal de mesmo ângulo de talude, mesma área molhada, mesma rugosidade e declividade de fundo, trabalhando na seção de máxima eficiência hidráulica.

Resposta:  $Q_1/Q_2 = 0,951$  ou  $Q_2/Q_1 = 1,051$

24. Determinar o coeficiente de rugosidade equivalente Manning de uma seção retangular, com 3,0 metros de profundidade e 6,0 metros de largura. As paredes são constituídas de gabião e o fundo é natural. Adotar uma rugosidade equivalente  $n=0,028m$  para o gabião e  $n=0,020m$  para o fundo natural.

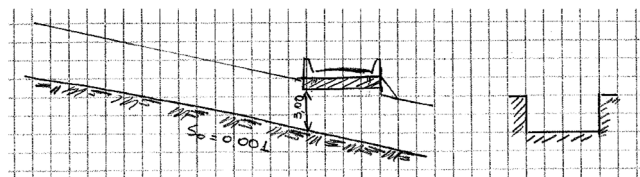
Resposta: usando Forcheimmer  $\rightarrow n_{eq} = 0,0243$

25. Um canal trapezoidal com taludes 1V:3H funciona na condição de máxima eficiência hidráulica para uma vazão em regime uniforme de 20 m<sup>3</sup>/s. Sendo a declividade longitudinal igual à 0,8% e a rugosidade Manning 0,040, qual será a vazão a escoar em regime permanente uniforme considerando uma profundidade 30% superior?

Resposta:  $Q = 39,05m^3/s$

26. Uma canalização de drenagem de uma cidade foi projetada na condição de máxima eficiência hidráulica para funcionar com uma folga de 0,50m em relação à passagem sob uma ponte, conforme ilustra a figura abaixo. A rugosidade estabelecida para as paredes foi de 0,013 (Manning – concreto novo). Depois de 30 anos de funcionamento, o acabamento das paredes se deteriorou e em uma medição feita durante uma cheia indicou que a vazão transportada era de apenas 4,51 m<sup>3</sup>/s para uma profundidade de 1m.

- a) Determine a base da seção de projeto ( $B=5,0m$ )
- b) Determine a vazão de projeto original ( $Q=35,3m^3/s$ )
- c) Qual a nova rugosidade resultante em função dos dados obtidos na medição? ( $n = 0,028$ )
- d) Qual foi a perda de capacidade de descarga do canal na condição limite última de funcionamento (sem a borda livre)? (41%)
- e) De quanto deve ser elevada a ponte para restabelecimento da vazão original, mantendo a folga de 50cm? (5,04m)



27. Até o ano de 1990, a canalização do Córrego Pirajussara, que atravessa a Cidade Universitária próximo ao P1, tinha seção trapezoidal de base 10m e altura 5m, com taludes inclinados 1V:1H. A declividade longitudinal do trecho é de 0,05% e as paredes eram revestidas com vegetação natural ( $n= 0,025$ ). Devido às constantes inundações no local decidiu-se ampliar a capacidade de descarga substituindo-se a seção original por outra retangular ocupando a mesma faixa em planta e com revestimento de concreto ( $n=0,016$ ). Mantidas as demais condições pede-se

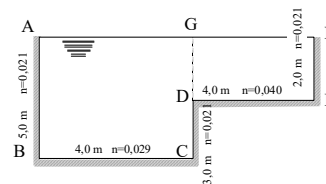
- a) Qual o aumento na capacidade máxima de descarga resultante da ampliação proposta?

Resposta: aumento de 142,8m<sup>3</sup>/s para 311,9 m<sup>3</sup>/s ou 118%

- b) Esta ampliação atende ao critério de máxima eficiência hidráulica?

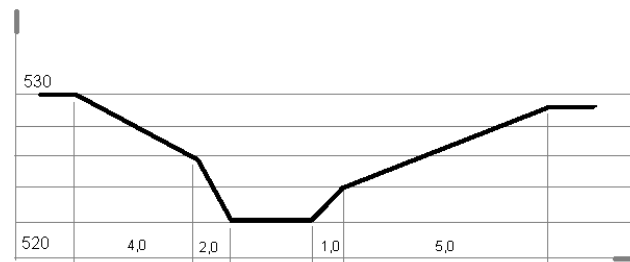
Resposta: para máxima eficiência a relação  $R_h/y$  deve ser 0,5 e no caso sendo  $y=5,0m$  e  $R_h=3,33m$ , resulta  $R_h/y=0,67$ , logo não atende ao critério de máxima eficiência.

28. Determinar a vazão máxima escoada no canal de seção mista da figura ao lado. A declividade é 0,00035 m/m.



29. Determine a cota da superfície líquida para o canal da figura abaixo, considerando que a vazão é 11,5 m<sup>3</sup>/s e a declividade é 0,4%. A rugosidade é assim descrita:

Margem esquerda: plantas densas e moitas esparsas  
 Margem direita: pequenas moitas e arvores  
 Canal principal: seção regular com plantas pequenas e moitas nos taludes



30. A seção abaixo representa o projeto adotado para canalização do Rio Tietê no trecho que corta a cidade de São Paulo. Determine através de 4 pontos a curva de capacidade de descarga desta seção, considerando a declividade 1,5/10.000 e as rugosidades 0,035 para o enrocamento lançado, 0,022 para o gabião revestido e 0,028 para o fundo natural.

